

Разработка алгоритма оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств по результатам радиоконтроля

М. А. Швец

Б. М. Антипин

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

maximshvets2000@mail.ru

boris_antipin@mail.ru

Аннотация. Вопросы электромагнитной совместимости при управлении использованием радиочастотного ресурса играют большое значение. Выполнение всех требований нормативных документов, связанных с соблюдением электромагнитной совместимости, не позволяет гарантированно утверждать, что радиоэлектронные средства не нарушают работу друг друга. В связи с этим предлагаются подходы к разработке алгоритма оценки электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств с использованием результатов радиоконтроля. Данный алгоритм предполагает измерение уровней сигналов и помех в месте расположения радиоэлектронного средства с последующей оценкой совместимости с учетом реальных характеристик радиоприемных устройств.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость; радиоэлектронное средство; алгоритм, излучение; радиоприёмное устройство

I. ВВЕДЕНИЕ

Соблюдение требований нормативных и разрешительных документов радиоэлектронными средствами (РЭС) в каждом конкретном районе позволяет одновременно успешно функционировать всем РЭС, находящимся в этом районе.

Вопросы электромагнитной совместимости при управлении использованием радиочастотного ресурса играют большое значение. В соответствии с законом «О связи» [1], радиоконтроль за радиоэлектронными средствами гражданского назначения возложен на радиочастотную службу. Данная служба измеряет параметры РЭС и оценивает их на соответствие требованиям нормативных документов.

Существуют нормативные документы, выполнение требований которых являются обязательными для всех юридических и физических лиц на территории Российской Федерации, использующих радиочастотный спектр – это Нормы ГРЧ (Нормы). Нормы устанавливают следующие требования к параметрам излучений передатчиков, влияющих на ЭМС: требования на допустимые отклонения частоты (ДОЧ) [2], требования на допустимые уровни побочных излучений [3], нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения [4], а также нормы на защитные отношения [5].

Однако, выполнение всех требований нормативных документов, связанных с соблюдением ЭМС, не позволяет гарантированно утверждать, что ЭМС не нарушается. И наоборот, существуют ситуации, когда требования нормативной документации выполняются, но работа РЭС нарушена. Например, для FM радио нормы на ДОЧ составляет 50 Гц, что очень мало, и никак не повлияет на вещание соседних, по радиочастотному спектру, радиостанций, так как их разнос по частоте составляет 400 кГц. А для системы GSM-900 ДОЧ составляет порядка 19 кГц, что неприемлемо много по сравнению с внутренними требованиями системы.

II. ДЕЙСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭМС

При введении РЭС в эксплуатацию, Радиочастотная служба проводит расчёты ЭМС вновь вводимых радиосредств с уже действующими РЭС, и на основе данных расчётов выдаёт разрешение на использование радиочастотных каналов [6]. Все расчеты основываются на утвержденных методиках и действующих нормативных документах, в качестве которых, в частности, выступают нормы частотно-территориального разнеса РЭС.

В процессе функционирования РЭС, радиочастотная служба производит радиоконтроль излучений передатчиков, а также производятся инспекционные проверки владельцев радиопередающих устройств управлениями Роскомнадзора.

Методики оценки ЭМС вновь вводимых РЭС и программное обеспечение, выполняющее расчёты по этим методикам, используют параметры и характеристики РЭС на основе баз данных частотных присвоений и документации на РЭС. Все расчеты основаны исключительно на математических моделях и загруженных базах данных. Поэтому такие расчеты носят исключительно справочный характер и могут содержать ошибки, связанные с недостаточным учетом промышленных помех и неполнотой базы данных частотных присвоений.

Действующие методы проведения радиоконтроля в основном основаны на периодических измерениях параметров излучения радиопередатчиков и сравнении полученных результатов с требованиями норм и разрешений на эксплуатацию РЭС. Особенностью таких методов радиоконтроля является то, что он включает в себя требования, которые противоречат другим нормативным документам в части проведения дистанционных измерений. Так для измерений ширины полосы частот, занимаемых излучениями, и уровней

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1023031600087-9 в ЕГИСУ НИОКТР.

внеполосных излучений передатчиков по Нормам 19-21 п. 5.3.12 требуется использование специальных тестовых сигналов, которые могут быть сформированы передатчиком в процессе измерений только во взаимодействии с оператором связи (владельцем РЭС). Данное обстоятельство, очевидно, вступает в противоречие с «Правилами осуществления радиоконтроля» [7] п.11, в которых указано, что «радиоконтроль осуществляется без участия и уведомления владельцев радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств». Ещё одной особенностью, по мнению авторов, является то, что методы и методики, указанные в Нормах ближе к проведению сертификационных испытаний параметров РЭС, чем к проверке соблюдения ЭМС, проводимой с помощью средств радиоконтроля.

III. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для полной оценки ЭМС, как считают авторы, недостаточно только оценки параметров излучений передатчиков, которые могут создать помехи. Следует разработать алгоритм оценки состояния ЭМС РЭС, в котором будут учтены параметры радиоприёмных устройств и антенн. Кроме того, измерения параметров излучений необходимо проводить в месте установки предполагаемого РЭС, что позволит более корректно оценить ЭМС.

IV. ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭМС

Для полного анализа ЭМС РЭС необходимо иметь информацию о параметрах сигналов, которые поступают в приемник в полосе пропускания его преселектора и на частотах побочных каналов приема (ПКП). Число побочных каналов при рассмотрении может варьироваться, но в данном случае ограничимся пятью, в число которых войдут зеркальный канал и по два линейных ПКП, которые образованы со второй и третьей гармониками гетеродина.

К измерениям в полосе пропускания преселектора приемника относятся: общее число обнаруженных сигналов, упорядоченный список частот, на которых обнаружены сигналы, мощности обнаруженных сигналов и их занимаемая ширина спектра. К измерениям по ПКП следует отнести: частоты ПКП, уровни сигналов на указанных частотах и занимаемую ширину спектра каждого обнаруженного мешающего сигнала.

ТАБЛИЦА I. ПАРАМЕТРЫ РАДИОПРИЁМНЫХ УСТРОЙСТВ

№ п/п	Параметры	Единица измерения
1	Частота настройки	МГц
2	Чувствительность	дБм
3	Ширина полосы пропускания на уровне -3 дБ	МГц
4	Избирательность по побочным каналам приема	дБ
5	Защитное отношение	дБ
6	Динамический диапазон по блокированию	дБ
7	Характеристика блокирования	дБм
8	Динамический диапазон по интермодуляции 3-го порядка	дБ
9	Подавление интермодуляции 3-го порядка	дБ
10	Точка пересечения 3-го порядка	дБм

Следует иметь информацию об уровне полезного сигнала, но если она отсутствует, то следует принять уровень полезного сигнала на 3 дБ выше чувствительности приёмника. Также для оценки ЭМС

следует использовать параметры радиоприёмных устройств, указанные в таблице 1.

Алгоритм должен иметь следующую последовательность действий. Сначала следует уточнить уровень полезного и мешающих сигналов, а также информацию об используемой аппаратуре радиоконтроля. Далее должна быть произведена оценка помех по указанным выше побочным каналам приёма. В данных каналах производится расчёт коэффициента частотной коррекции, расчёт отношения сигнал/помеха и защитного отношения. Далее можно приступать к оценке помех по основному и соседним каналам приёма. В данных каналах также необходимо вычислить отношение сигнал/помеха и определить защитное отношение. В случае если на частоте возможна помеха блокирования, то её следует запомнить и учитывать в дальнейших измерениях. Далее необходимо произвести оценку интермодуляции в радиоприёмном устройстве. На данном этапе алгоритма следует определить пары частот, образующие интермодуляционные помехи 3-го порядка в полосе пропускания приёмника. Рассчитать отношение сигнал/интермодуляционная помеха и сравнить с защитным отношением.

Предлагаемый алгоритм не отвергает существующие процедуры измерений параметров излучений передатчиков, а может быть использован в дополнение к ним. Целью алгоритма является установление источников, вызывающие недопустимые помехе, а также пути влияния помех на качество приема полезного сигнала, т. е. получить информацию, которая позволит принять мер для устранения выявленных несоответствий работы радиоэлектронного средства требованиям электромагнитной совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Закон «О связи» от 07.07.2003 № 126-ФЗ
- [2] РЕШЕНИЕ «Об утверждении норм параметров радиоизлучений (приема) радиоэлектронных средств, влияющих на их электромагнитную совместимость с другими радиоэлектронными средствами» от 29.11.2021 № 21-60-01// Приложение № 1 Нормы 17-21 «Радиопередатчики всех категорий гражданского применения. Требования на допустимые отклонения частоты»
- [3] РЕШЕНИЕ «Об утверждении норм параметров радиоизлучений (приема) радиоэлектронных средств, влияющих на их электромагнитную совместимость с другими радиоэлектронными средствами» от 29.11.2021 № 21-60-01// Приложение № 2 Нормы 18-21 «Радиопередающие устройства гражданского назначения. Требования на допустимые уровни побочных излучений»
- [4] РЕШЕНИЕ «Об утверждении норм параметров радиоизлучений (приема) радиоэлектронных средств, влияющих на их электромагнитную совместимость с другими радиоэлектронными средствами» от 29.11.2021 № 21-60-01// Приложение № 3 Нормы 19-21 «Нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения»
- [5] РЕШЕНИЕ «Об утверждении норм параметров радиоизлучений (приема) радиоэлектронных средств, влияющих на их электромагнитную совместимость с другими радиоэлектронными средствами» от 29.11.2021 № 21-60-01// Приложение № 4 Нормы 24-21 «Нормы на защитные отношения для систем наземного эфирного телевизионного и звукового вещания»
- [6] Порядок проведения экспертизы возможности использования заявленных радиоэлектронных средств и их электромагнитной совместимости с действующими и планируемыми для использования радиоэлектронными средствами, рассмотрения материалов и принятия решений о присвоении (назначении) радиочастот или радиочастотных каналов в пределах выделенных полос радиочастот. Утвержден решением ГКРЧ от 7 ноября 2016 г. № 16-39-01.
- [7] Правила осуществления радиоконтроля в Российской Федерации. Утверждены постановлением Правительства РФ от 01.04.2005 г. №175.